

Osmorregulación y campo de crecimiento de *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea: Palaemonidae)

Fernando Díaz Herrera, L. Fernando Bückle Ramírez y Augusta Reichelt Saavedra¹
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, (C.I.C.E.S.E.), Departamento de Acuicultura, Ave. Espinoza # 843, Ensenada, Baja California 22830, México.

¹ Laboratorio Acuario, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias U.N.A.M., Distrito Federal 04510, México.

(Rec. 20-VIII-1992. Acep. 5-II-1993)

Abstract: The postlarvae and juveniles of the Malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii* kept at several salinities showed a remarkable osmoregulatory capacity similar to that reported for other species of the genus. Both stages had a hyperosmotic regulation pattern in diluted mediums, in which they maintained a 442 to 542 mOsm concentration of the hemolymph. Above these salinities, the osmolality of the hemolymph of both stages increased and remained hyperosmoconforming on the extreme concentration of 450 mOsm. When salinity increased from 0 to 20 ‰, there was a decrease ($P < 0.05$) in postlarvae growth potentiality from 68.7 cal/individual/day to 10.3, and from 145 to 12.9 cal/individual/day in juveniles. Areas with brackish waters (salinities between 10 to 20 ‰) are not adequate for the commercial-scale culture of *Macrobrachium rosenbergii*, because the growth rate is reduced in high salinities.

Key words: Salinity effect, osmoregulation, scope for growth, *Macrobrachium rosenbergii*.

La mayoría de las especies del género *Macrobrachium* dependen de las aguas salobres para completar su desarrollo larvario. Después de que las larvas se metamorfosean a la fase de postlarva en los sistemas lagunares-estuarinos, migran a regiones de agua dulce donde completan su desarrollo (John 1957, Raman 1967, Ling 1969).

Los langostinos dulceacuícolas (particularmente los del género *Macrobrachium*), aparentemente se encuentran en un proceso de penetración al biotopo de agua dulce (Ortman 1902, Read 1984). La amplia diferencia en patrones de osmorregulación obtenidos en numerosas especies de este género (Denne 1968, Sandifer *et al.* 1975, Castille y Lawrence 1981, Moreira *et al.* 1983, Read 1984, Mc Namara 1987, Stern *et al.* 1987), así como las respuestas diferenciales de las larvas a cambios de salinidad (Mc Namara 1987, Read 1984, 1986), parecen confirmar esta hipótesis.

Se ha especulado que el trabajo osmótico de un organismo puede ser mínimo cuando el medio externo y los fluidos corporales están en equilibrio, dentro de esas condiciones de isosmoticidad los requerimientos de energía y oxígeno son bajos y por lo tanto sería posible cultivar un número máximo de organismos en un volumen determinado de agua (Panikkar 1969).

El balance energético de los organismos acuáticos puede ser influenciado por la salinidad y la temperatura ya que modifican la distribución del flujo de energía. El conocimiento de este balance de energía ayuda a comprender el papel que desempeñan los crustáceos en los ecosistemas acuáticos y es un método útil para evaluar la influencia de estos factores ambientales en el laboratorio (Nelson *et al.* 1977, Dawirs 1983).

En el presente trabajo se investigó el efecto de la salinidad sobre la osmorregulación y el campo de crecimiento de las postlarvas y los juveniles de *Macrobrachium rosenbergii*.

MATERIAL Y METODOS

Las postlarvas y los juveniles del langostino *M. rosenbergii* fueron proporcionados por una granja de producción privada ubicada en el Carrizal de Coyuca de Benitez, Guerrero, México. Tuvieron un intervalo de peso de 0.068 a 0.093 g para las postlarvas, de 0.161 a 0.353 g para los juveniles.

Durante 30 días ambos estadios fueron mantenidos en 24 acuarios de 70 l provistos de aireación constante, a una densidad de 5 organismos/m²; la temperatura se mantuvo en 30 ± 1 °C, que fue la que estos organismos eligieron al colocarlos en un gradiente horizontal (Díaz-Herrera 1989).

Las salinidades experimentales en las cuales se colocaron las postlarvas y los juveniles fueron 0, 2, 4, 6, 8, 12, 16 y 20 ‰ que se ajustaron de manera gradual en 2 ‰ por día. Para cada condición experimental se realizaron tres repeticiones. La preparación de los medios se realizó con agua de mar filtrada de 35 ‰ y las diluciones se hicieron con agua potable previamente desclorada. Las mediciones de las salinidades en los acuarios experimentales se hicieron con un refractómetro. El fotoperíodo se mantuvo en 12 horas luz.

Durante la fase experimental, ambos estadios fueron alimentados con la dieta balanceada comercial Chow Trucha Purina, con la cual se obtuvo el campo de crecimiento mayor cuando se investigó el efecto de dos dietas sobre el balance energético de las postlarvas y de los juveniles (Díaz-Herrera *et al.* 1992). El alimento fue administrado al 40% a las postlarvas y los juveniles al 10% de su peso corporal. Antes de realizar las mediciones experimentales los organismos permanecieron 24 h sin alimentarse.

La metodología utilizada para conocer el efecto de la salinidad sobre el consumo de oxígeno, la excreción nitrogenada, el balance energético y las eficiencias de crecimiento de las postlarvas y de los juveniles, fue similar a la informada por Díaz-Herrera *et al.* (1992).

Para medir la presión osmótica de la hemolinfa, en ambos estadios se hizo una punción con un capilar heparinizado en la membrana toraco-abdominal, previamente secada para evitar contaminación con el agua del medio.

Las muestras de hemolinfa de aproximadamente 20 µl fueron congeladas en hielo seco para determinarles posteriormente la presión

osmótica mediante el método del punto de fusión de Gross (1954) con un crioscopio modificado por Díaz-Herrera (1989). Los datos de la presión osmótica de la hemolinfa de las postlarvas y de los juveniles fueron expresados en miliosmoles.

Los valores de los elementos de la ecuación del balance energético e índices de crecimiento obtenidos en cada condición experimental de salinidad para las postlarvas y los juveniles, fueron ordenados en forma creciente para identificar la mediana (M) y para observar y describir el comportamiento de la presión osmótica se representó gráficamente en cajas en paralelo (Tuckey 1977).

Para cuantificar los efectos de la salinidad sobre los elementos de la ecuación del balance energético y la presión osmótica obtenidos para las postlarvas y los juveniles, se hizo mediante el análisis de varianza de una vía y para estimar cuales salinidades tuvieron un efecto marcado sobre el campo de crecimiento de ambos estadios, se analizó con la prueba de Dunnet (Zar 1974).

RESULTADOS

Ambos estadios de *M. rosenbergii* tuvieron un patrón de regulación hiperosmótico; en concentraciones del medio externo de 0 a 224 mantuvieron una concentración osmótica de la hemolinfa entre 442 a 542 mOsm. Por arriba de este intervalo de salinidad, la osmolaridad de la hemolinfa de las postlarvas descendió hasta 422 mOsm, posteriormente se incrementó hasta hacerse equivalente a la concentración del medio externo. Para los juveniles la osmolaridad de la hemolinfa acreció rápidamente conforme aumentó la salinidad del medio, a partir de la concentración externa de 450 miliosmoles se mantuvo ligeramente hiperosmótica hasta la de 566 miliosmoles (Figs. 1A y 1B). En ambas salinidades señaló un efecto considerable en lo que respecta al consumo de oxígeno, producción de heces y excreción nitrogenada, ya que estos parámetros se acentuaron de manera significativa ($P < 0.05$) al aumentar la salinidad de 0 a 20 ‰. En lo que respecta al campo de crecimiento, se encontró que al incrementarse la salinidad de 0 a 20 ‰ produjo un descenso significativo en las postlarvas de 68.7 a 10.3 cal.ind⁻¹.día⁻¹ en tanto que para los juveniles

disminuyó de 145 a 12.9 cal.ind⁻¹.día⁻¹ reduciéndose de manera considerable (P < 0.05) la potencialidad de crecimiento de los organismos sometidos a esas salinidades experimentales (Figs. 2 y 3).

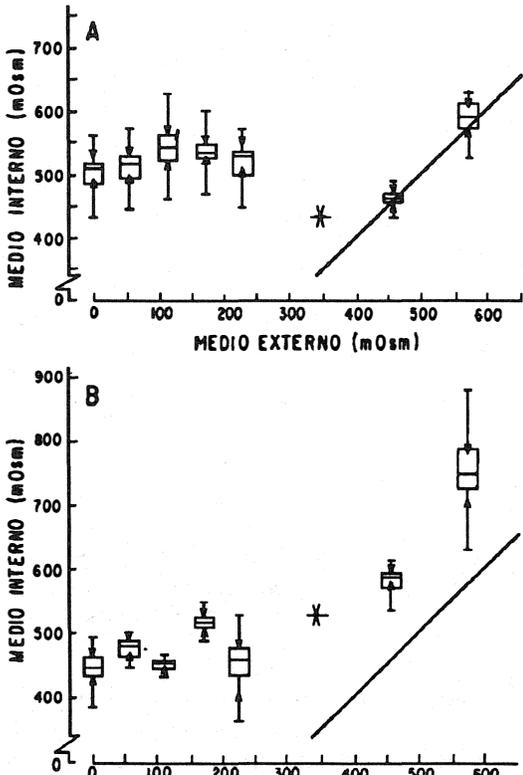


Fig. 1. Presión osmótica de la hemolinfa de las postlarvas (A) y los juveniles (B) de *Macrobrachium rosenbergii* en diferentes salinidades.

Los índices de utilización de la energía consumida o asimilada para el crecimiento K₁ y K₂ cuantificados para las postlarvas y los juveniles se vieron reducidos significativamente (P < 0.05), de 93.26 a 31.69 al acrecentar la salinidad de 0 a 20 ‰ en esta última se registraron los valores mínimos (Cuadro 1).

DISCUSION

Las postlarvas y los juveniles del langostino sometidos a diferentes salinidades tuvieron una gran capacidad osmorreguladora, similar a la informada para otras especies del género

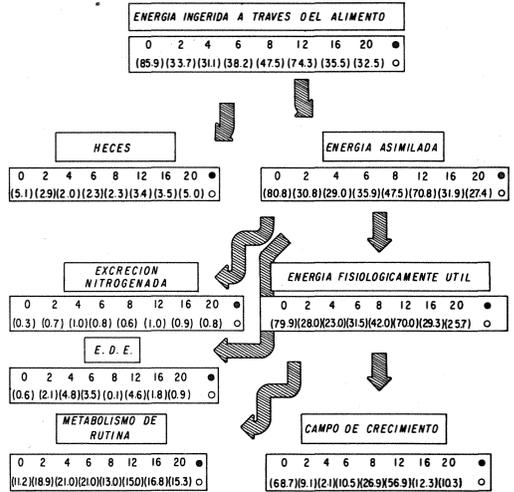


Fig. 2. Efecto de la salinidad sobre la distribución de la energía ingerida a través del alimento en las postlarvas de *Macrobrachium rosenbergii*.

● = salinidades ‰, ○ = cal.ind⁻¹.día⁻¹.

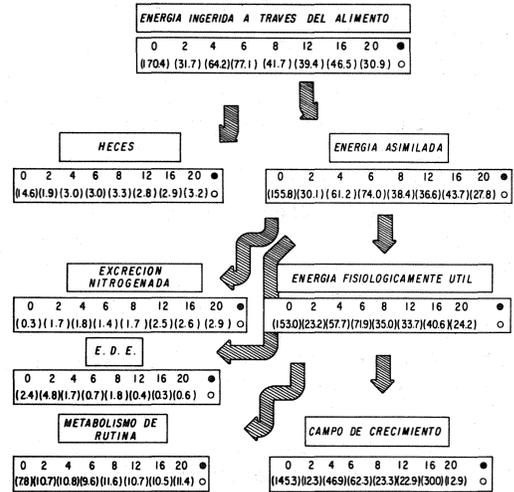


Fig. 3. Efecto de la salinidad sobre la distribución de la energía ingerida a través del alimento de los juveniles de *Macrobrachium rosenbergii*.

● = salinidades ‰, ○ = cal.ind⁻¹.día⁻¹.

Macrobrachium, como *M. rosenbergii* (Sing 1980); *M. ohione* (Castille y Lawrence 1981); *M. acanthurus*, *M. heterochirus* (Moreira et al. 1983) las cuales mantienen una concentración de la hemolinfa hiperosmótica en salinidades

CUADRO 1

Indices de utilización de la energía consumida y asimilada para el crecimiento K_1 y K_2 de las postlarvas y juveniles de *Macrobrachium rosenbergii* aclimatados a varias salinidades

Salinidad (‰)	Postlarvas		Juveniles	
	$K_1=P/C$ (%)	$K_2=P/A$ (%)	$K_1=P/C$ (%)	$K_2=P/A$ (%)
0	79.97	85.00	85.26	93.26
2	27.00	29.54	38.80	40.86
4	6.75	7.24	73.05	76.63
6	27.48	29.25	81.97	84.19
8	56.63	56.63	55.87	60.67
12	76.58	80.36	58.12	62.56
16	34.64	38.55	64.51	68.64
20	31.69	37.59	41.74	46.40

bajas pero hipoconforman en salinidades por arriba del punto isosmótico. Los patrones de osmorregulación observados en ambos estadios del langostino fueron semejantes a los de otros carideos, los cuales permanecen una gran parte de su ciclo de vida en el agua dulce. Para colonizar estos medios los organismos han desarrollado los siguientes mecanismos adaptativos: reducción de la permeabilidad corporal, producción de orina hiposmótica y captación activa de iones, los que reducen los costos energéticos para propósitos de osmorregulación menores al 10% de la energía proveniente del metabolismo (Potts 1954, Denne 1968, Vernberg y Vernberg 1972, Castille y Lawrence 1981).

Read (1984, 1986) dividió a las especies del langostino en tres grupos los cuales reflejan la extensión de sus adaptaciones al agua dulce, de acuerdo a los diferentes patrones de osmorregulación. *Macrobrachium olfersii* forma el grupo de organismos menos acondicionados al agua dulce; *M. acanthurus*, *M. heterochirus* y *M. petersi* constituyen el segundo grupo en el que los langostinos poseen adaptaciones intermedias y en el tercer grupo se ubica a *M. rosenbergii*, *M. ohione* y *M. australiense* que están mejor adecuados, porque mantienen una concentración de hemolinfa hiperosmótica en medios dulceacuícolas.

El efecto de la salinidad sobre los parámetros del balance energético, que se investigó en las postlarvas y los juveniles del langostino *M. rosenbergii* sobre el consumo de alimento y su asimilación, fue una reducción conforme se incrementó la salinidad. Lo mismo sucedió con el campo de crecimiento y los índices de utilización de la energía que se canaliza hacia el crecimiento K_1 y K_2 , los cuales fueron más altos en aquellos organismos mantenidos en agua dulce pero al incrementarse la salinidad, la potencialidad de crecimiento se redujo en ambos estadios. No obstante que *M. rosenbergii* puede tolerar un amplio intervalo de salinidades, la hipótesis de máximo crecimiento en el punto isosmótico (18 ‰) propuesta por Pannikar (1969) no es válida para esta especie, ya que nuestros resultados indicaron que el campo de crecimiento se redujo significativamente en las altas salinidades. Wickins (1972) cultivó postlarvas en un medio de 15 ‰; después de una semana algunas de estas postlarvas fueron transferidas a 2 ‰ y el resto permaneció en la salinidad original durante 21 días. El resultado fue que las postlarvas de salinidades reducidas crecieron más rápidamente. En forma similar Perdue y Nakamura (1975) obtuvieron un crecimiento máximo para *M. rosenbergii* cultivados en agua dulce y 2 ‰.

El hecho de que el máximo crecimiento de las postlarvas y de los juveniles del langostino no se obtuviera en el punto isosmótico, se debió a que estos organismos -como todos los crustáceos- crecen por medio de la muda, y debido al gradiente osmótico que se generó durante este proceso absorbieron menor cantidad de agua que fue reemplazada posteriormente por tejido. Los organismos mantenidos en agua dulce o con baja salinidad fueron capaces de absorber mas agua durante la ecdisis, por lo tanto crecieron más que aquellos cultivados en medios de mayor salinidad. También se ha informado que adultos *M. rosenbergii* en agua dulce contenían 4 a 5% mas agua en el músculo que animales que estuvieron en salinidades mayores del 15 ‰ (Sing 1980).

Esto puede explicar porque las postlarvas y los juveniles del langostino gigante *M. rosenbergii* cuando se criaron en agua dulce generaron la máxima tasa de crecimiento, mientras los que estaban en salinidades cercanas al punto isosmótico que en esta especie se encuentra en 18 ‰, el crecimiento fue mínimo. Stephenson y Knight (1982), al someter a un gradiente de salinidad a las postlarvas de *M. rosenbergii*, encontraron que éstas prefirieron salinidades entre 0 y 3 ‰. La tendencia de las postlarvas de preferir agua con bajas concentraciones de sal fue interpretada como una respuesta que ayuda a los juveniles a conservar condiciones óptimas de crecimiento en esos medios.

Los resultados obtenidos en este estudio permiten asegurar que aquellas zonas geográficas del país que tienen una gran cantidad de cuerpos de aguas salobres, no son adecuados para el cultivo a escala comercial de *M. rosenbergii*, por que esos medios retardan la tasa de crecimiento a causa de las elevadas salinidades imperantes.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a Eugenio Díaz-Iglesia del Centro de Investigaciones Marinas de la Universidad de la Habana por la revisión del manuscrito.

RESUMEN

Las postlarvas y los juveniles de *Macrobrachium rosenbergii* sometidos a diferentes salinidades detentaron una gran capacidad

osmorreguladora similar a la de otras especies del género. Ambos estadios tuvieron un patrón de regulación hiperosmótico en medios diluidos con una concentración de la hemolinfa de 442 a 542 miliosmoles. Por arriba de esas salinidades la osmolalidad de la hemolinfa de ambos estadios aumentó y se mantuvo hiperosmoconformando a partir de la concentración externa de 450 miliosmoles. En lo que respecta al campo de crecimiento calculado tanto para las postlarvas como para los juveniles, al incrementar la salinidad de 0 a 20 ‰ se produce un descenso significativo de la potencialidad de crecimiento en la postlarvas de 68.7 cal/ind/día a 10.3 en tanto que para los juveniles descendió de 145 a 12.9 cal/ind/día ($P < 0.05$). Estos resultados demuestran que aquellas zonas donde hay cuerpos de agua con salinidades entre 10 y 20 ‰, no son adecuadas para el cultivo a escala comercial del langostino *M. rosenbergii*, porque en esos medios predominan altas salinidades que retardan la tasa de crecimiento.

REFERENCIAS

- Castille, F.L. & A.L. Lawrence. 1981. The effect of salinity on the osmotic sodium and chloride concentrations in the hemolymph of the freshwater shrimps *Macrobrachium ohione* and *Macrobrachium rosenbergii*. Comp. Biochem. Physiol. 70A:47-52.
- Dawirs, R.R. 1983. Respiration, energy balance and development during growth and starvation of *Carcinus maenas* larvae. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 69:105-128.
- Denne, L.B. 1968. Some aspects on osmotic and ionic regulation in the prawns *Macrobrachium australiense* y *M. equidens*. Comp. Biochem. Physiol. 26:17-30.
- Díaz-Herrera, F. 1989. Estudio ecofisiológico del langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México. 105 p.
- Díaz-Herrera, F., G. Juárez-Castro, E. Pérez-Cruz & L.F. Bückle-Ramírez. 1992. Determinación del balance energético de postlarvas y juveniles del langostino marino *Macrobrachium rosenbergii* de Man (Crustacea: Palaemonidae). Ciencias Marinas 18:19-32.
- Gross, W.J. 1954. Osmotic responses in the sipunculid *Dendrostomum zosteriolum*. J. Exp. Biol. 31:402-423.
- John, M.C. 1957. Bionomics and life history of *Macrobrachium rosenbergii*. Bull. Cent. Res. Ins. 5:93-102.
- Ling, S.W. 1968. The general biology and development of *Macrobrachium rosenbergii*. F. A. O. Fish. Rep. 57:589-606.

- Mc Namara, J.C. 1987. The time course of osmotic regulation in the freshwater shrimp *Macrobrachium olfersii*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 107:245-251.
- Moreira, G.S., J.C. Mc Namara, S.E. Shumway & P.S. Moreira. 1983. Osmoregulation and respiratory metabolism in the brazilian *Macrobrachium*. *Comp. Biochem. Physiol.* 74A:57-62.
- Nelson, S.G., A.D. Armstrong, A.W. Knight & H.W. Li. 1977. The effects of temperature and salinity on the metabolic rate of juvenile *Macrobrachium rosenbergii*. *Comp. Biochem. Physiol.* 56A:533-537.
- Ortmann, A.E. 1902. The geographical distribution of freshwater decapods and its bearing upon ancient geography. *Proc. Am. Phil. Soc.* 57:527-538.
- Pannikar, N.K. 1968. Osmotic behavior of shrimps and prawns in relation to their biology and culture. *F. A. O. Fish. Rep.* 57:527-538.
- Perdue, J.A. & R. Nakamura. 1975. The effect of salinity on the growth of *Macrobrachium rosenbergii*. *Proc. Ann. Meet. World. Mar. Soc.* 7:647-657.
- Potts, W.T.W. 1954. The energetics of osmotic regulation in brackish and freshwater animal. *J. Exp. Biol.* 31:618-630.
- Raman, K. 1967. Observations on the fishery and biology of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Proc. Symp. Crust. Biol. Ass. India* 2:649-669.
- Read, G.H.L. 1984. Intraspecific variation in the osmoregulatory capacity of larval, postlarval, juvenile and adult *Macrobrachium petersii*. *Comp. Biochem. Physiol.* 78A:501-506.
- Read, G.H.L. 1986. A surface response analysis of the role of salinity in the development of larval and postlarval *Macrobrachium petersii*. *Comp. Biochem. Physiol.* 84A:159-168.
- Sandifer, P.A., J.H. Hopkins & T.I.J. Smith. 1975. Observations on salinity tolerance and osmoregulation in laboratory-reared *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture* 6:103-114.
- Sing, T. 1980. The isosmotic concept in relation to the aquaculture of the giant prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture* 20:103-114.
- Stephenson, M.J. & A.W. Knight. 1982. Temperature and acclimation effects on salinity preference of postlarvae of giant malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 60:253-260.
- Stem, S., A. Borout & D. Cohen. 1987. Osmotic and ionic regulation of the prawn *Macrobrachium rosenbergii* adapted to varying salinities and ion concentrations. *Comp. Biochem. Physiol.* 86A:373-379.
- Tuckey, J.W. 1977. *Exploratory data analysis*. Addison Wesley, Massachusetts. 688 p.
- Vemberg, W.B. & F.J. Vemberg. 1972. *Environmental physiology of marine animal*. Springer-Verlag, Nueva York. 346 p.
- Wickins, J.F. 1972. Experiments on the culture of the spot prawn *Pandalus platyceros* and the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Fish. Invest. Minist. Agric. Fish. Food G.B.* 27:1-25.
- Zar, J.H. 1974. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, Londres. 620 p.